Applied Mechanics Laboratory

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΡΑΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑ ΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΠΟΛΥΣΤΡΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΌ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΛΕΙΣΤΗΣ-ΜΟΡΦΗΣ ΛΥΣΕΩΝ ΠΑ ΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΕΚΤΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ

ΖΥΓΟΥΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΜ: 1047309

ΠΑΤΡΑ, 2020

Επιβλέπων Καθηγητής: Βασίλειος Κωστόπουλος

Περίληψη της Εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι λεπτομερής επεξήγηση και υλοποίηση της τεχνικής μοντελοποίησης της συνεκτικής ζώνης σε πολύστρωτες δομές (πλάκες) με κλειστές-μορφές λύσεων, η οποία προσομοιώνει το φαινόμενο διάδοσης μίας αποκόλλησης μεταξύ των στρώσεων μίας πολύστρωτης δομής που αποτελείται από σύνθετα υλικά. Η τεχνική συνδυάζει την γνώση του συνολικού μητρώου δυσκαμψίας **ABD** (που προκύπτει από την θεωρία της μηχανικής των πολύστρωτων πλακών) της πολύστρωτης κατασκευής με τις κλειστές μορφές λύσεων που μοντελοποιούν την συνεκτική ζώνη που αναπτύσσεται πίσω από το άκρο της αποκόλλησης. Οι λύσεις δίνονται για το άνοιγμα του δοκιμίου σε τύπο αστοχίας I, **Δw** και για την συνεκτική έλξη **σ** που αναπτύσσεται στην ζώνη. Με βάση τις κλειστές μορφές λύσεων περιγράφεται το φαινόμενο σε τρία στάδια που το απαρτίζουν: η αρχική κάμψη του δοκιμίου, η έναρξη της αποκόλλησης και η διάδοσή της. Έτσι, δημιουργείται ένα υπολογιστικό μοντέλο που υπακούει στην συγκεκριμένη τεχνική (το οποίο δίνεται για το πείραμα Double-Cantilever Beam που αποτυπώνει την αστοχία τύπου I), με την βοήθεια του υπολογιστικού-προγραμματιστικού περιβάλλοντος MATLAB. Προκύπτουν διαγραμματικά αποτελέσματα, με το πιο σημαντικό αποτέλεσμα να είναι η καμπύλη του φορτίου-ανοίγματος του άκρου του δοκιμίου που χαρακτηρίζει το υπό-μελέτη φαινόμενο. Πραγματοποιούνται παραμετρικές μελέτες για την υπόδειξη της επιρροής πολύτιμων μεγεθών για το φαινόμενο.

Κλειστές μορφές λύσεων

Περιοχή σκλήρυνσης συνεκτικής ζώνης

$$w_{u1}(x) = a_{1(i)}\sinh(\bar{a}_{1(i)}x)\sin(\bar{a}_{1(i)}x) + a_{2(i)}\sinh(\bar{a}_{1(i)}x)\cos(\bar{a}_{1(i)}x) + a_{3(i)}\cosh(\bar{a}_{1(i)}x)\sin(\bar{a}_{1(i)}x) + a_{4(i)}\cosh(\bar{a}_{1(i)}x)\cos(\bar{a}_{1(i)}x) + 0.5\sum_{k=1}^{i-1}\left(\frac{1}{K_{N(k)}} - \frac{1}{K_{N(k+1)}}\right)\sigma_k^c]$$

$$\bar{a}_{1(i)} = \sqrt[4]{\frac{bK_{N(i)}}{2D_s}}$$

Περιοχή χαλάρωσης συνεκτικής ζώνης

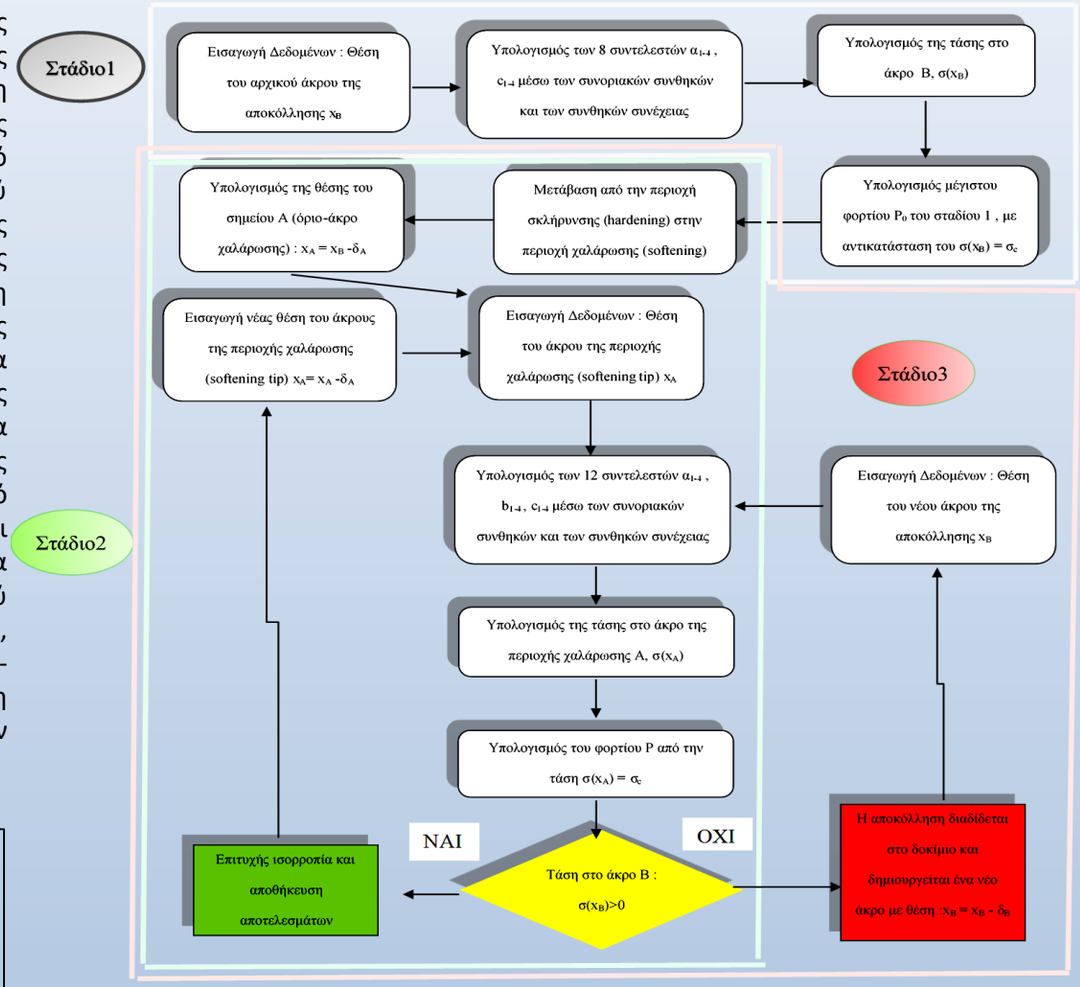
$$w_{u2}(x) = b_{1(i)}\sinh(\bar{a}_{2(i)}x) + b_{2(i)}\cosh(\bar{a}_{2(i)}x) + b_{3(i)}\sin(\bar{a}_{2(i)}x) + b_{4(i)}\cos(\bar{a}_{2(i)}x) + 0.5\sum_{k=1}^{i-1}\left(\frac{1}{K_{N(k)}} - \frac{1}{K_{N(k+1)}}\right)\sigma_k^c]$$

$$\bar{a}_{2(i)} = \sqrt[4]{-\frac{2bK_{N(i)}}{D_s}}$$

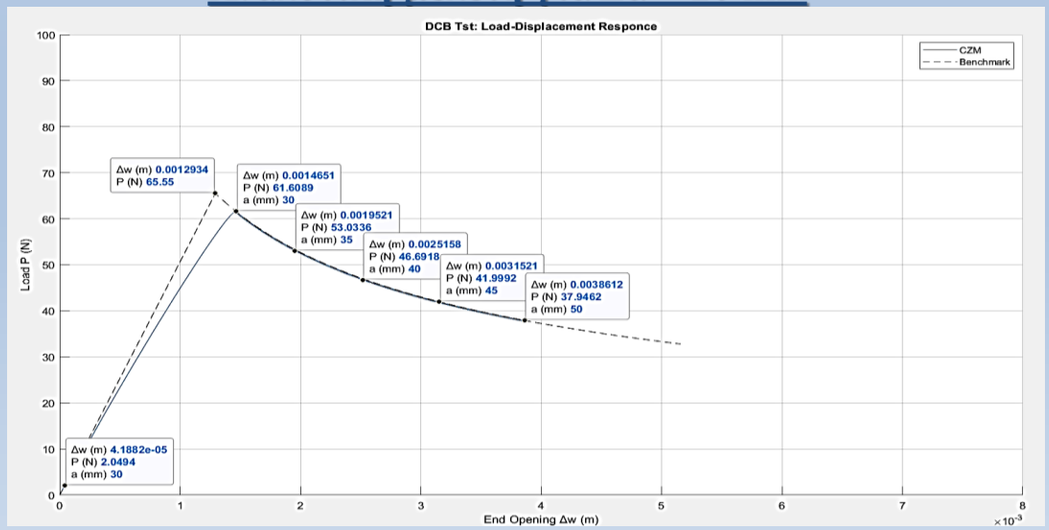
Ιδιότητα

$$\sigma_i(x) = \sigma^c{}_{i-1} + K_{N(i)}[\Delta w(x) - \Delta w_{i-1}^c] \qquad \Delta w(x) = 2w_u(x)$$

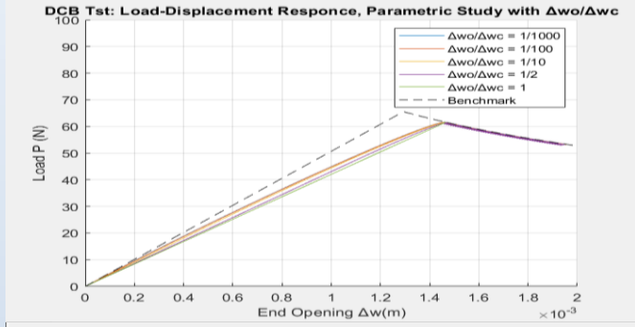
Δομή αλγορίθμου

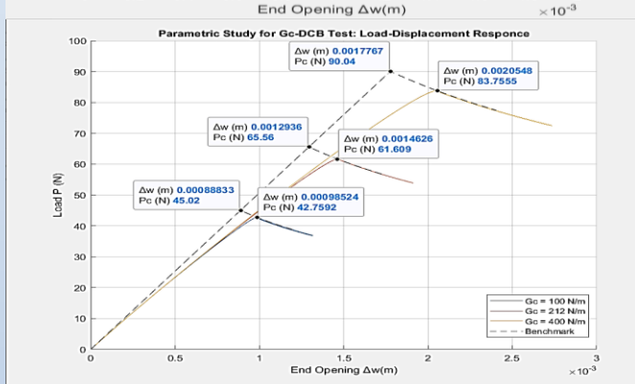


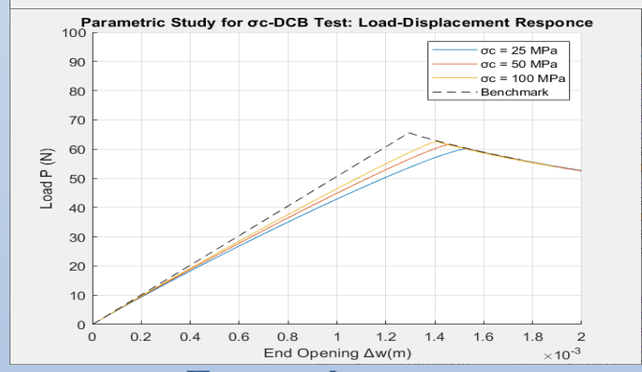
Αναλυτική μελέτη για Δα = 20 mm



Παραμετρικές μελέτες για Δα = 5mm







Συμπεράσματα

- Η μέθοδος είναι ικανή να προσομοιώσει επιτυχώς το φαινόμενο διάδοσης μίας διαστρωματικής αποκόλλησης σε πολύστρωτες κατασκευές παράγοντας σωστά και αποδοτικά αποτελέσματα με την προϋπόθεση γνώσης των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού που απαρτίζει την στρώση, της γεωμετρίας της δομής και την μορφή του διγραμμικού συνεκτικού νόμου.
- Αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για πραγματοποίηση παραμετρικών μελετών και αναλυτικού υπολογισμού της ζώνης διάδοσης βλάβης (fracture process zone).
- Διακρίνεται από την καμπύλη φορτίου-ανοίγματος του άκρου του δοκιμίου **(P-Δw)**, ότι η διαστρωματική αντοχή και η μορφή του διγραμμικού συνεκτικού νόμου επηρεάζουν περισσότερο το στάδιο έναρξης της αποκόλλησης ενώ ο κρίσιμος ρυθμός έκλυσης ενέργειας επηρεάζει το στάδιο διάδοσης της.